6П

УДК 004.896

В.Г. Писаренко, Ю.Я. Панасюк, Ю.В. Писаренко
Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев
jvpisarenko@gmail.com

Перспективы (точки роста) интеллектуальной мобильной робототехники и системы автономного распознавания базовых навигационных образов

Для актуальной задачи оперативного обнаружения, идентификации и распознавания опасных техноэкологических происшествий (ТЭХ) предложены принципы виртуального проектирования системы Управление_ТЭП, базирующиеся на создании и функционировании специализированной информационно-аналитической системы (ИАС_top), предназначенной для выполнения задач распознавания нечетких образов (основных групп опасных техноэкологических происшествий (ТЭП), трактуемых как соответствующие кластеры в многомерном пространстве атрибутов, связанных с множеством известных и/или ожидаемых ТЭП), оценки сценариев их дальнейшего развития (с помощью имитационного моделирования, – с использованием современной информационно-вычислительной техники), и оценки материального ущерба, отвечающего каждому сценарию развития.

Введение

Сказанное можно иллюстрировать следующей граф-схемой – Структурно-функциональная схема – граф основных режимов функционирования интеллектуальной системы УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП поддержки принятия управленческих решений по идентификации и нейтрализации опасного экологического происшествия (ЭП), показанной на рис. 1.

Рисунок 1 иллюстрирует наличие основных трех режимов функционирования всей системы УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП при проектировании:

1. Функционирование Главного Ситуационного Центра.
2. Формирование информационно-аналитической системы верхнего уровня (ИАС_top).
3. Функционирование информационно-аналитической системы верхнего уровня (ИАС_top, включая ИАС_tir).

Функционирование технопарка интеллектуализированных роботов (ТИР), предназначенных для доразведки ЭП (под управлением ГСЦ с использованием средств ИАС _tir).

В частности, *первый режим функционирования системы* **УПРАВЛЕНИЕ _ТЭП** обеспечивает *передачу информации* вдоль последовательности следующих вершин графа рис. 1: *первичная информация* об ЭП → блок 12 → блок 17 → блок 22 → блок 2 → блок 3 → блок 4 →•блок 5 → блок 11 → блок 14 → блок 11 → блок 6, где →• означает, что данный переход по стрелке реализуется, если ответ предыдущего блока (блок 4) принимает значение «опасно»; в противном случае (значение «безопасно») дальнейшие меры СЦ не предпринимает (из-за неактуальности).

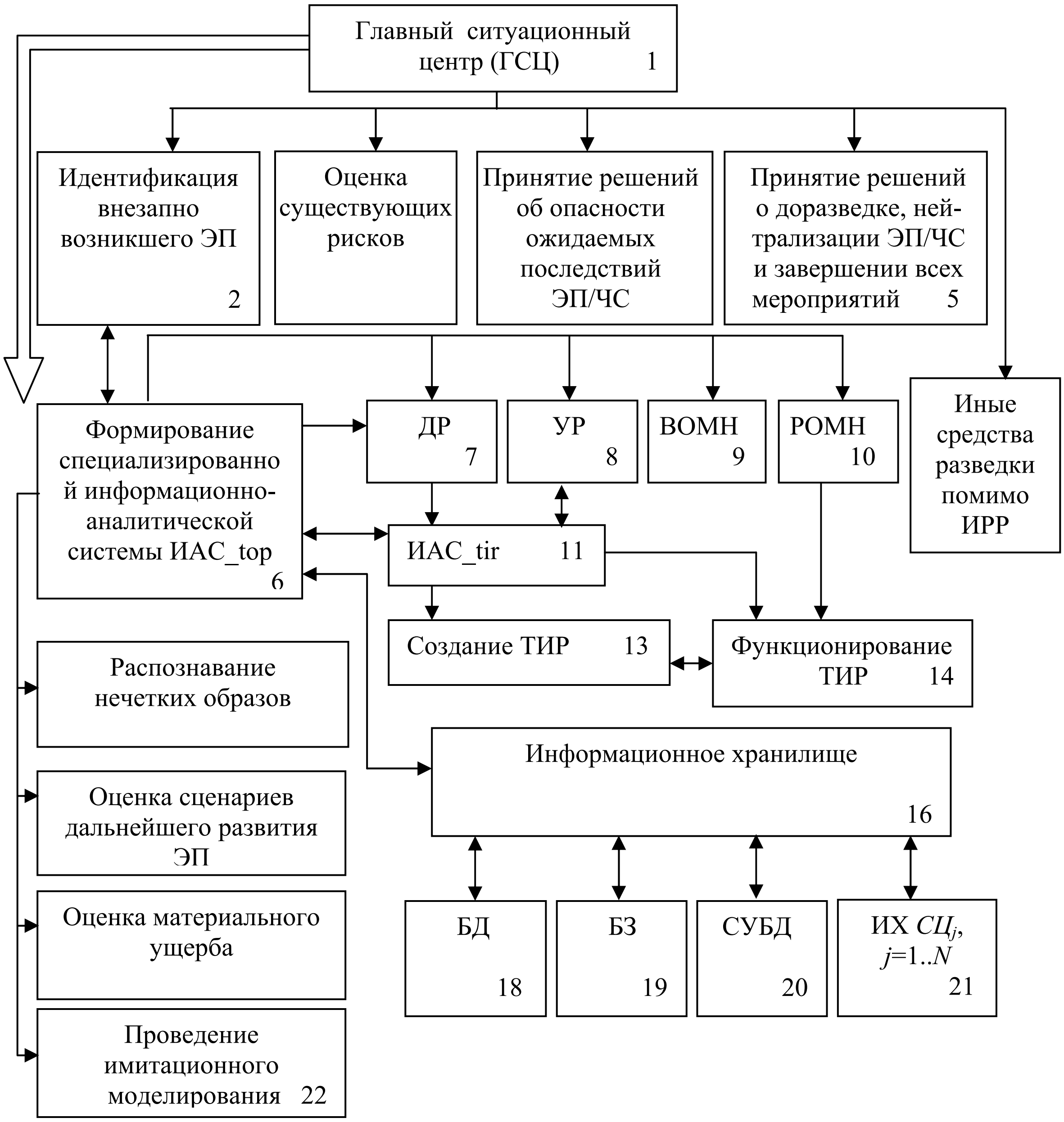


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема – граф основных режимов функционирования интеллектуальной системы УПРАВЛЕНИЕ _ТЭП

На рис. 1. использована аббревиатура: ДР – доразведка; УР – уточнение рисков; ВОМН – выбор оптимальных мер нейтрализации; РОМН – реализация оптимальных мер нейтрализации; остальные обозначения приведены в работах авторов [1], [2].

Таким образом, работа первого режима завершается пополнением как фактографической информации, так и структурированной информации в БД, БЗ, ИХ СЦ$_i$, собранной в процессе предварительной идентификации текущего ЭП, его доразведки и нейтрализации до состояния «безопасно».

Иные режимы функционирования системы Управление_ТЭП подробно описаны в [2].

Из общих принципов формирования открытых информационных моделей и распределенных баз данных для поставленных целей оправдано выбрать близкий к оптимальному принцип структурирования БД, БЗ, СУБД для всей системы. В данной

работе предлагается по этим причинам в качестве логической основы для такого структурирования выбрать некоторое вспомогательное (характеристическое) 12-мерное пространство, которое детально описано в работе авторов [2].

Ниже детально рассмотрим базовые компоненты проектирования технопарка интеллектуализированных роботов (ТИР) и интеллектуальные роботы-разведчики (ИРР).

Основные классы компонентов конкретного проектируемого мобильного ИРР и ТИР в целом

Перечислим основные классы проектируемого ИРР:

1. Сенсоры.

2. Информационно-управляющие (сбор, обработка данных, сопоставление с информацией из бортового ИХ, принятие решений в соответствии с поставленной задачей / программой миссии робота).

3. Исполнительные приводы самодвижения (изменения собственного состояния ИРР).

4. Исполнительные приводы воздействия на внешнюю среду (с целью придать ей новое состояние, предусмотренное программой работ ИРР).

5. Энергопитание.

6. Система загрузки ПО на борт ИРР.

7. Система связи с удаленным оператором.

Элементы классификации техноэкологических происшествий, затрагивающих безопасность ценных инженерных сооружений

Рассмотрим подмножество происшествий ТЭП, связанных по определению с возникновением высокого риска повреждения или уничтожения ценных инженерных сооружений. Это подмножество особенно важно при формировании и использовании упомянутого выше информационного хранилища (ИХ) данных поддержки функционирования системы УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП.

Под ИНЖЕНЕРНЫМ СООРУЖЕНИЕМ ($ИС_i$) и его ЗОНОЙ ВЛИЯНИЯ $Z_i \subset R_4$ (как части четырехмерного пространства-времени R_4) будем понимать данное $ИС_i$ вместе с той частью ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ($ВС_i$) в виде участков геоболочек Земли, которая содержит как источник природных ресурсов для $ИС_i$, так и область непосредственного воздействия данного $ИС_i$ (включая зону загрязнения среды техногенными выбросами этого сооружения). Таким образом получаем [2]:

$$Z_i = ИС_i \cup (ВС_i). \quad (1)$$

Очевидно, размер пространственно-временной области $Z_i \subset R_4$ может изменяться в значительных пределах в зависимости от стадии жизненного цикла $ИС_i$, от гидро- и метеоусловий и от установленных уровней предельно допустимых концентраций (ПДК) каждого из химических компонентов вредных выбросов данного $ИС_i$. В реальных условиях применения средств нейтрализации последствий возникшей и развивающейся техногенной катастрофы размер и форма области влияния Z_i данного $ИС_i$ является предметом измерений средствами СТАЦИОНАРНОГО МОНИТОРИНГА (СМ) и ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА (ОМ), а также методами численного моделирования.

Здесь под стационарным мониторингом будем понимать существующую в данной стране национальную сеть наземных станций периодического мониторинга метеорологических и гидрографических параметров атмосферы и гидросферы, мониторинга уровня радиоактивности, станций периодического контроля состава воды в зонах водозабора, данные санитарно-эпидемиологического мониторинга и также данные контроля состояния лесных и сельскохозяйственных угодий с летательных аппаратов в обычном (штатном) режиме.

Под оперативным мониторингом будем понимать дополнительные к стационарному мониторингу технические средства, методы и результаты мониторинга метеорологических, гидрографических параметров и физико-химических параметров, осуществляемого с помощью мобильных средств регистрации (контактных и дистанционных) зоны воздействия (ЗВ) техногенной или природной катастрофы, включая данные оперативного дистанционного зондирования ЗВ в различных диапазонах длин волн с бортов специальных летательных аппаратов (пилотируемых или беспилотных) и с помощью спутниковой аппаратуры наблюдения земной поверхности.

В связи с численным моделированием размера и формы зоны влияния развивающейся техногенной катастрофы целесообразно упомянуть полученную в нашей работе [2] лемму, в которой найдены достаточные условия, при которых существует при некотором $t = t^*$ минимум суммы материального ущерба $S_у(t)$ от воздействия опасных экстремальных состояний (ЭС) вместе с затратами на нейтрализацию ЭС и с затратами $S_и(t)$ на доразведку ЭС.

Эта лемма может быть ключевой для принятия обоснованных решений об оптимальной стратегии доразведки, идентификации ЭС и принятия минимально достаточных адекватных мер нейтрализации ЭС. Названная лемма допускает обобщение на случаи техногенных и природных катастроф.

Рассмотрим объединение $M = U_{i=1}^{N} Z_i$ зон влияния N крупных $ИС_i$ некоторого региона, представляющее собой многосязанное множество в R_4. Все материальные объекты, содержащиеся в такой многосвязанной области М, будем называть ТЕХНОСФЕРОЙ (ТС) данного региона (рис. 2).

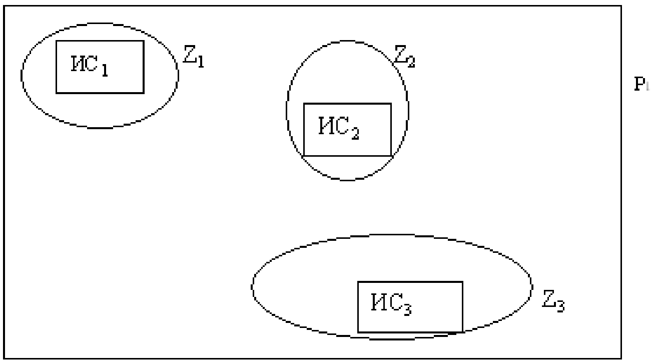


Рисунок 2 – Техносфера региона P_1 как объединение зон влияния Z_i инженерных сооружений $ИС_i$: инженерные сооружения $ИС_i$ показаны малыми квадратами; их зоны влияния Z_i показаны эллипсами

Далее будет целесообразно классифицировать состояния компонентов техносферы (как атрибута ТС) с точки зрения возникновения ее экстремальных состояний. Прежде всего, выделим две группы состояний ТС: ШТАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ (ТС_Ш) и ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ (ТС_Э). С точки зрения введенного

выше понятия зоны влияния Z_i искусственного сооружения ИС$_i$ состояние (событие) ТС_Ш следует понимать как одновременное выполнение условий нахождения каждого искусственного сооружения и каждой части внешней среды ВС$_j$ в штатном состоянии

ТС_Ш)=($\cap_i$ (ИС$_i$ _Ш)) $\cap$($\cap_j$ (ВС$_j$ _Ш)), (2)

где (ИС$_i$ _Ш) – искусственное сооружение ИС$_i$ в штатном состоянии, (ВС$_j$ _Ш) – внешняя среда в штатном состоянии из зоны влияния сооружения ИС$_i$.

Будем выделять также два типа экстремальных состояний техносферы: ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОСФЕРЫ ТИПОВЫЕ (ТС-ЭТ) и ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОСФЕРЫ СЛОЖНЫЕ (ТС-ЭС). Так, структуру состояния ТС-ЭТ определим следующим образом:

ТС-ЭТ= {($\cap_j$ (ВС$_j$ _Ш)) $\cap$ (ИС$_i$ _НШ хотя бы для одного значения i = 1,...,N)} U
U ((ВС$_j$ _НШ) хотя бы для одного значения j = 1,…,N) $\cap$ ($\cup_i$ (ИС$_i$ _Ш))}, (3)

где ИС$_i$_НШ – нештатное состояние искусственного сооружения ИС$_i$; ВС$_j$_НШ – нештатное состояние искусственного сооружения ИС$_j$.

При этом все прочие экстремальные состояния техносферы будем называть ЭКСТРЕМАЛЬНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ ТЕХНОСФЕРЫ СЛОЖНЫМИ (ТС-ЭС). Так что

ТС = =(ТС-ЭТ) $\cup$ (ТС-ЭС). (4)

Пример 1. Для двух инженерных сооружений в регионе (N = 2) состояние ТС_ЭТ имеет с учетом (3) вид:

ТС_ЭТ=[(ИС$_1$_НШ)$\cap$(ИС$_2$_Ш)$\cap$(ВС$_1$_НШ)$\cap$(ВС$_2$_Ш)] $\cup$ [(ИС$_1$_НШ)$\cap$(ИС$_2$_Ш)$\cap$
(ВС$_1$_Ш) $\cap$(ВС$_2$_НШ)]$\cup$ [(ИС$_1$_НШ)$\cap$(ИС$_2$_Ш)$\cap$(ВС$_1$_НШ)]$\cap$(ВС$_2$_НШ)]
$\cup$[(ИС$_1$_Ш) $\cap$ (ИС$_2$_НШ)$\cap$(ВС$_1$_НШ)$\cap$(ВС$_2$_Ш)] $\cup$
[(ИС$_1$_Ш)$\cap$(ИС$_2$_НШ)$\cap$(ВС$_1$_НШ)]$\cap$(ВС$_2$_НШ)] $\cup$ [(ИС$_1$ (5)
_Ш)$\cap$(ИС$_2$_НШ)$\cap$(ВС$_1$_Ш)$\cap$(ВС$_2$_НШ)] $\cup$ [(ИС$_1$_Ш)$\cap$(ИС$_2$_НШ)$\cap$(ВС$_1$_НШ)
$\cap$(ВС$_2$_НШ)] $\cup$[(ИС$_1$ _НШ)$\cap$(ИС$_2$_НШ)$\cap$(ВС$_1$_Ш)$\cap$(ВС$_2$_НШ)] $\cup$[(ИС$_1$_НШ)$\cap$
(ИС$_2$_НШ)$\cap$(ВС$_1$_НШ)$\cap$(ВС$_2$_НШ)].

В целях более компактной записи выражений типа (5) введем в духе методов когнитивной графики следующие соответствия (с помощью символа $\Leftrightarrow$):

ИС$_i$ _Ш $\Leftrightarrow$ □$_i$; ИС$_i$ _НШ $\Leftrightarrow$ ■i ; ВС$_j$ _Ш $\Leftrightarrow$ ○$_j$; ВС$_j$ _НШ $\Leftrightarrow$ ●$_j$. (6)

Тогда в обозначениях (6) можно для состава (5) множества: ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОСФЕРЫ ТИПОВЫЕ записать следующее (более компактное и когнитивное) выражение:

ТС_ЭТ= (■$_1$□$_2$●$_1$○$_2$) $\cup$ (■$_1$□$_2$○$_1$●$_2$) $\cup$ (■$_1$□$_2$●$_1$●$_2$)$\cup$ (□$_1$■$_2$●$_1$○$_2$) $\cup$
(□$_1$■$_2$○$_1$●$_2$) $\cup$ (□$_1$■$_2$●$_1$●$_2$) $\cup\cup$(■$_1$■$_2$●$_1$○$_2$).$\cup$ (■$_1$■$_2$○$_1$●$_2$) $\cup$ (■$_1$■$_2$●$_1$●$_2$) (7)

На этом рассмотрение примера 1 предварительно закончено.

Наряду с указанными двумя группами экстремальных состояний ТС-ЭТ и ТС-ЭС целесообразно для дальнейшего выделить как специальную подгруппу ТС-БП (БЕСПРЕЦЕДЕНТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОСФЕРЫ) такие экстремальные состояния техносферы, масштаб максимального ущерба от возникновения и развития которых не может быть оценен заранее из-за недостаточной изученности подобных состояний – вплоть до беспрецедентности подобных состояний (например, разрушение с оплавлением промышленного атомного реактора типа РБМК считалось до апреля 1986 года не реализуемым). Группу ТС-БП целесообразно разбить на следующие три компонента:

– «особо крупная авария» некоторого инженерного сооружения ИСi (подгруппа ИС-А);
– эксперимент с новыми инженерными сооружениями высокой плотности энергии (подгруппа ИС-Э);
– опасное экологическое происшествие (ОЭП) из-за взаимодействия нештатной ситуации ИСi_НШ (на некотором ИСj) и внештатной ситуации ВСj _НШ во внешней среде.

Часть элементов множества ТС_БП принадлежит множеству ТС_ЭТ, другая часть принадлежит множеству ТС-ЭС в соответствии с рис. 3:

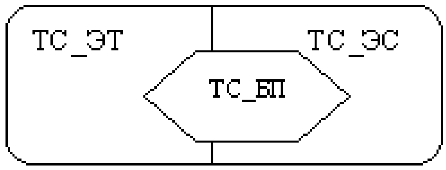


Рисунок 3 – Отношения множеств ТС_БП , ТС_ЭТ и ТС-ЭС .

Понятие «особо крупная авария» позже определим в терминах ожидаемого экономического и социального ущерба.

Таким образом, получаем для структуры подгруппы ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОСФЕРЫ СЛОЖНЫЕ (ТС-ЭБП) ⊂ ТС_Э следующее:

$$(\text{ТС-ЭБП}) = (\text{ИС-А}) \cup (\text{ИС-Э}) \cup (\text{ОЭП}). \qquad (8)$$

Для дальнейших целей обеспечения мониторинга (ТС_ЭС_М) экстремальных состояний техносферы и для управления (ТС_ЭС_У) экстремальными состояниями техносферы целесообразно создание, развитие и применение следующих трех типов технологий:
– Технологий Стационарного Мониторинга (ТСМ);
– Информационно-аналитических систем (ИАС);
– Технопарк Интеллектуализированных Роботов (ТИР).

Структура логических отношений мониторинга и управления экстремальными состояниями техносферы приведена в табл. 2.1 в работе [2].

Актуальность резервной системы ИРР распознавания базовых навигационных образов

Для автономной навигации мобильного интеллектуализированного робота-разведчика (ИРР) необходимо помимо основной навигационной системы (типа GPS в воздушной среде или систем гидроакустического ориентирования необитаемого подводного аппарата (НПА) с использованием системы донных буйков-маячков, генерирующих акустические пеленг-сигналы), необходимо размещение на НПА резервной системы распознавания и идентификации базовых навигационных образов. Так, для беспилотного БПЛА это резервная система распознавания ориентации ЛГ (нужно определить 3 координаты: центр линии горизонта, угол места центра ЛГ, угол крена аппарата по отношению к горизонту, ориентацию горизонта к БПЛА: «верх/низ»). Такая резервная система навигации нужна, очевидно, для тех нередких случаев, когда по разным причинам навигационная информация от основной (штатной) системы неработоспособна (например сигналы GPS, принимаемые БПЛА в воздушной среде, могут быть неполными из-за экранировки части навигационных

спутников искусственными сооружениями или другими объектами, а для НПА в водной среде часть сигналов от системы донных буйков-маячков может экранироваться морским рельефом или элементами обследуемого подводного сооружения или затонувшего судна).

В качестве примера экстремальных ситуаций, требующих использования резервных средств навигации на НПА, приведем случай операции спасения с помощью НПА двух операторов обитаемого ПА «Пайсис-3» в конце августа – сентября 2003 г. на глубине 420 м в 150 милях на юго-запад от ирландского г. Корк [3]. Доставленный срочно самолетом из США (г. Сан-Диего) НПА «Курв-3» должен был проводить спасение операторов при ветре на поверхности до 20 м/с и высоте волны 3,6 м. В течение часа в этих сложных условиях НПА «Курв-3» доставил специальный Т-образный рычаг, ввел его в открытый люк «Пайсис-3», после чего аппарат с операторами был поднят на поверхность. При этом о размещении и работе донных буйков-маячков не могло быть и речи из-за крайне сжатых сроков для спасения жизней экипажей затонувшего обитаемого ПА (вся процедура спасения экипажа с момента аварии длилась 75 часов 50 минут при гарантированном запасе автономности и обеспечения жизни людей аппарата «Пайсис-3» всего лишь 72 часа).

В качестве примера актуальности наличия резервной системы навигации для БПЛА приведем технические требования к созданию беспилотного истребителя 1-го поколения (согласно концепции российского проекта [4]) для успешного противодействия новейшим истребителям 5-го поколения стран НАТО, таких как: F-22 Raptor, F-35, EF-2000 «Тайфун». В настоящее время корпорация Lockheed Martin, исполняющая (с большими задержками сроков) заказы Пентагона на разработку новейших истребителей 5-го поколения F-22 Raptor, F-35 Joint Strike Fighter, F-16, затратила более $1,5 трлн, что на $ 300 млрд превысило первоначальные планы.

При этом от создаваемого БПЛА, концепция которого изложена кратко в работе [4], требуется обеспечение безопасности полета независимо от метеоусловий, обеспечение достижения скорости полета до 1,6 Маха, максимального статического потолка 18 500 м, максимального времени разгона по скорости до 600 – 1100 км/ч за 13 сек, длины разбега по-самолетному 180 м, разработка бортовой системы искусственного интеллекта навигации для выполнения основных боевых задач и отладка перспективных технологий, не уступающих внедряемым на пилотируемых истребителях 5-го поколения [4].

При должном уровне искусственного интеллекта дистанционно управляемого БПЛА первого поколения по результатам математического моделирования ближнего воздушного боя с пилотируемым истребителем F-22 показал, что такой беспилотник способен обеспечить вероятность победы в бою 46 %, а вероятность выживания беспилотника 53 %, тогда как истребитель 5-го поколения F-22 в таком бою одерживает победу в 47 % случаев. Важно, что «при этом не учитывается возможность поражения противника на F-22 таранным ударом и психологический аспект смертельного поединка человека с роботом» [4]. Безусловно при этом на БПЛА необходимо максимально дублировать основные компоненты системы управления.

Стоимость такого истребителя БПЛА 1-го поколения оценивается при серийном изготовлении около $ 10 млн, что по крайней мере на порядок ниже, чем стоимость серийного пилотируемого истребителя 5-го поколения [4]. По заказу США фирма Northrop Grumman разрабатывает беспилотный истребитель-невидимку Х47, который уже в 2011 г. должен приземляться в автоматическом режиме на палубу авианосца [5], что потребует создания для этого БПЛА высокого уровня искусственного интеллекта, способного, в частности, уверенно распознавать навигационные знаки на авианосце.

Алгоритм обработки входных видеоданных для распознавания линии горизонта БПЛА

В качестве примера рассмотрим несложный алгоритм [4] обработки входных видеоданных для распознавания линии горизонта (ЛГ) искусственным интеллектом БПЛА.

Пример. Пусть задана MxN – матрица пикселей яркости $\{B_{ij}\}$ некоторого фиксированного кадра, выбранного из выходного файла бортовой цифровой видеокамеры, размещенной на БПЛА и зафиксировавшей зону горизонта с борта БПЛА на некоторый момент времени t (Примеры кадра – рис. 4 – 8).

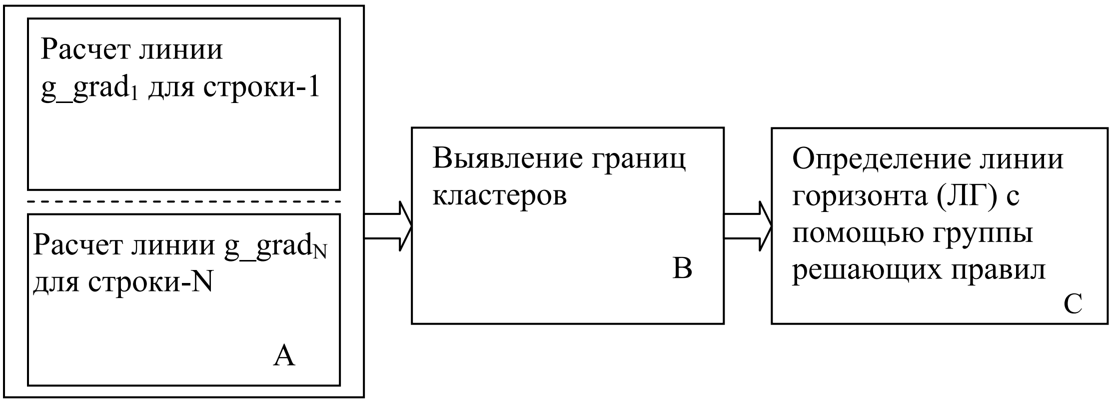


Рисунок 4 – Схема алгоритма обработки входных видеоданных для распознавания линии горизонта у БПЛА

Предлагаем показанную на рис. 4 схему несложного алгоритма определения параметров линии горизонта, наблюдаемого в выбранный момент времени t с борта БПЛА с помощью видеокамеры

Блок A выполняет расчет вектора горизонтального градиента g_grad_i для каждой строки – i, i = 1, 2, …, N. Выходной файл из блока A подается на вход блока B, в котором анализируются все N векторов g_grad_i и при этом определяются границы кластеров K_s и полное число таких кластеров в исходной матрице.

При этом каждый кластер по определению состоит из тех и только тех пикселов, которые имеют одинаковую яркость $B_{ij} = const_s$ и при этом каждый пиксел данного кластера принадлежит либо границе этого кластера либо соприкасается с другим/другими пикселами этого же кластера по вертикали или по горизонтали.

Выходной файл из блока B передается на вход блока C, в котором производится определение линии горизонта (ЛГ) с помощью группы решающих правил (определение положения в кадре центра линии горизонта, угла места центра ЛГ, угла крена БПЛА по отношению к горизонту, «верх/низ»-ориентация горизонта к БПЛА.

Используемые в блоке C решающие правлила имеют следующий вид:

Правило_1. Если число кластеров к = 2 (освещение – день), граница кластеров – прямая линия, то эта прямая совпадает с ЛГ. Причем верх там, где яркость пикселов кластера наибольшая из 2 возможных.

Правило_2. Если число кластеров к>2, то заключаем, что линия горизонта перпендикулярна тому семейству S_k^* отрезков параллельных прямых (составленных из частей границ кластеров), которое наиболее мощно (больше количество точек) из всех имеющихся семейств $\{S_k\}$ (максимальное количество семейств, очевидно, равно NxM).

При этом положения линии горизонта (по углу места и ориентация «верх/низ») могут оставаться неопределенными и тогда будет необходима дополнительная информация для определения этих данных.

```
8888888888S8888888888888
888888888888888888888888
888888888888888888888888
888888888888888888888888
888888888888888888888888
888888888888888888888888
888888888888888888888888
888888888888888888888888  8
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111 21
                      24
```

Рисунок 5

```
888888888888888888888888
888888888888888888888811
888888888888888888881111
888888888888888888111111
888888888888888811111111
888888888888881111111111
888888888888111111111111
888888888811111111111111
888888881111111111111111
888888111111111111111111
888811111111111111111111
881111111111111111111111   12
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111
111111111111111111111111   24
```

Рисунок 6

```
88888888888888888888888888
88888888888888888888888888
88888888888888888888888888
88888888888888888888888888
88888888888888888888888888
88888888888888888888888888
88888888888888888888888888
88846666668888888888888888
88844666666888846666668888
88844455555588844666666888
88844455555588844455555588
88844455555588844455555588   12
11144455555511144455555511
11144455555511144455555511
11144455555511144455555511
11114455555511114455555511
11111455555511111455555511
11111111111111111111111111
11111111111111111111111111
11111111111111111111111111
11111111111111111111111111  24
```

Рисунок 7

На вход алгоритма из рис. 3 подавались последовательно изображения матрицы яркости пикселов соответственно рис. 5, рис. 6, рис. 7. Результат распознавания приведен ниже.

Для рис. 5 выявлен результат: центр линии горизонта (ЛГ) на уровне 16/24 высоты кадра, крен равен нулю, «верх» (небо) над ЛГ. Два кластера по яркости (Определено по Правилу-1).

Для рис. 6 выявлен результат: центр линии горизонта (ЛГ) на уровне 18/24 высоты кадра, крен вправо на угол = arctg 6/24, «верх» (небо) над ЛГ. Два кластера по яркости (Определено по Правилу-1).

Для рис. 7 выявлен результат: центр линии горизонта (ЛГ) на уровне 9/24 высоты кадра, крен равен нулю, «верх» (небо) над ЛГ. Восемь кластеров по яркости (Определено по Правилу-2, после чего учтено Правило-1).

Выводы

Предложены принципы виртуального проектирования системы Управление_ТЭП, базирующиеся на создании и функционировании специализированной информационно-аналитической системы (ИАС_top), предназначенной для выполнения задач распознавания нечетких образов (основных групп опасных техноэкологических происшествий (ТЭП), трактуемых как соответствующие кластеры в многомерном пространстве атрибутов, связанных с множеством известных и/или ожидаемых ТЭП), оценки сценариев их дальнейшего развития (с помощью имитационного моделирования, – с использованием современной информационно-вычислительной техники), и оценки материального ущерба, отвечающего каждому сценарию развития.

Приведены элементы классификации техноэкологических происшествий, затрагивающих безопасность ценных инженерных сооружений, которые необходимы для системы Управление_ТЭП.

Получен алгоритм обработки входных видеоданных для распознавания линии горизонта для БПЛА с элементами искусственного интеллекта.

Литература

1. Писаренко Ю.В. Віртуальне проектування інтелектуалізованих роботів для розвідки і нейтралізації небезпечних екологічних подій: Автореф дисертації...канд.техн.наук. – Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, 2006. – 20 с.
2. Писаренко В.Г., Писаренко Ю.В. Информационные технологии управления опасными техно-экологическими происшествиями. – М.: Изд-во «Зодиак», 2007. – 112 с.
3. Сахаров Б. Основы практического применения необитаемых подводных аппаратов // Морской сборник. – 2007. – № 5. – стр. 64-68.
4. Левицкий С.В. Массовый беспилотный самолет-истребитель – асимметричное средство завоевания господства в воздухе // Научно-технический сборник Военно-воздушной академии им. проф. Н.Е. Жуковского. – 2008. – Т. 9, №3. – С. 9-15.
5. Сандар А. Война роботов // Der Spiegel. – 2007. – С. 62-65.

В.Г. Писаренко, Ю.Г. Кривонос, Ю.Я. Панасюк, Ю.В. Писаренко

Перспективи (точки зростання) інтелектуальної мобільної робототехніки та системи автономного розпізнавання базових навігаційних образів

Для актуального завдання оперативного виявлення, ідентифікації й розпізнавання небезпечних техноекологічних подій (ТЕП) запропоновані принципи віртуального проектування системи Керування ТЕП, які базуються на створенні й функціонуванні спеціалізованої інформаційно-аналітичної системи (ІАС_top), призначеної для виконання завдань розпізнавання нечітких образів (основних груп небезпечних техноекологічних подій (ТЕП), трактованих як відповідні кластери в багатомірному просторі атрибутів, пов'язаних з безліччю відомих і/або очікуваних ТЕП), оцінки сценаріїв їх подальшого розвитку (за допомогою імітаційного моделювання, – з використанням сучасної інформаційно-обчислювальної техніки), і оцінки матеріального збитку, який відповідає кожному сценарію розвитку.

V. Pisarenko, Yu. Krivinos, Yu. Panasyuk, J. Pisarenko

The Perspectives (growth points) of Intellectual Mobile Robotics and Recognition Autonomous System of the Basic Navigation Images

For an actual problem of operative detection, identification and recognition of dangerous technological ecological accidents (TEA) principles of virtual designing of TEA-management system, basing on creation and functioning of the specialized information-analytical system intended for performance of problems of recognition of fuzzy images (the basic groups of the dangerous technological ecological accidents (TEA) treated as corresponding clusters in multivariate space of attributes, connected with set of known or expected TEA's), estimations of scripts of their further development (with imitating modelling), and estimations of the material damage corresponding to each script of development are offered.

Статья поступила в редакцию 01.07.2008.